

*Der Asterismus.*

Von Dr. G. H. Otto Volger in Zürich.

Nachdem ich, durch Untersuchungen über die Krystallisations-Verhältnisse des Calcits (Kalkspathes) und mehrerer anderer, theils gleichfalls der Familie der Carbonspathes angehöriger, theils weit ausserhalb dieser Familie stehender Mineralien, unter anderm auch zur Beschäftigung mit den wichtigen optischen Erscheinungen geführt worden war, welche unter den Benennungen von Asterismus, parhelischer Kreis (Nebensonnenkreis, Nebenkreis, *cercle parhélitique*) und Heiligenschein (*Gloria*, Lichtkrone, Farbenkrone, *couronne*) von den Physikern bekannt gemacht worden sind, und nachdem es mir gelungen war, einige nicht uninteressante Beziehungen dieser Erscheinungen zu einander und zu den Krystallisations-Verhältnissen zu ermitteln, so war ich überrascht, ich gestehe es, in der Literatur über jene Erscheinungen so wenig genügende Nachweisungen zu finden und mich überzeugen zu müssen, dass meine bescheidenen und mit allzukärglichen Materialien und Hilfsmitteln ausgeführten Versuche durch ihre Ergebnisse geeignet sein werden, nicht allein, wie ich hoffte, dem Krystallologen ein neues Secirmesser zur Untersuchung der Anatomie der individualisirten Körper des dritten Naturreiches darzubieten, sondern auch dem Optiker einen neuen Gesichtspunkt zur Anschauung der obigen Erscheinungen zu eröffnen. In der That ist, wie es scheint, der ausgezeichnete französische Physiker Babinet bis jetzt der Einzige gewesen, welcher sich dem Studium dieser Erscheinungen einlässlicher gewidmet hat, und seitdem derselbe seine Ermittlungen im Jahre 1836 der Pariser Akademie vorgelegt und bei jener Gelegenheit auch eine erneute Durcharbeitung der ganzen mineralogischen Optik in Aussicht gestellt hatte, welcher derselbe in Gemeinschaft mit einem eben so ausgezeichneten

Minerologen, Herrn Dufrénoy, sich zu unterziehen beabsichtigte, ist kein neuer Beitrag zur Vermehrung der Thatsachen und zur Aufklärung ihrer Bedeutung geliefert worden, und insbesondere jener schöne Vorsatz leider nicht zur Ausführung gelangt.

Babinet sprach es mit Bestimmtheit aus, dass der Asterismus über die innere Structur der Krystalle Aufschlüsse zu gewähren im Stande sei, welche durch keinerlei andere Merkmale der Beobachtung zugänglich sind. Ich werde im Folgenden zeigen, dass dies in Wirklichkeit der Fall ist, und zwar in einem Grade, welchen auch der scharfsinnige Physiker, der zu jenem Ausspruche bereits sich veranlasst fand, noch nicht geahnt zu haben scheint.

Seit dem Alterthume ist die Eigenschaft des Saphirs bekannt, das Licht in Form eines sechsstrahligen Sternes zu reflectiren. Diese Eigenschaft verlieh den Exemplaren, welchen sie nach dem Schlitze in einem besonders vollkommenen Grade eigen ist, den Namen *Astrios* oder *Sternsaphir* und einen erhöhten Werth. Aber der nämliche Sternschein zeigt sich ebenfalls, wenn man durch einen solchen Saphir, in der Richtung der krystallographischen Hauptaxe hindurchblickend, die Flamme einer Kerze oder einen andern stark leuchtenden Punkt betrachtet. Unter analogen Verhältnissen bieten dann auch andere Krystalle Sternscheine dar, bald sechsstrahlige, bald solche mit wenigeren oder mehreren Strahlen. Dies sind im Allgemeinen die Erscheinungen, welche man als *Asterismus* bezeichnet hat.

Babinet gab die Erklärung derselben, indem er das Phänomen auf das der Gitter oder Netze zurückführte. Die Saphirkrystalle lassen, theils schon mit blossem Auge, theils wenigstens spurenweise unter dem Mikroskope, drei Parallelsysteme von feinen Reifungen erkennen, welche sich unter  $60^\circ$  schneiden und welche mit dem Gefüge dieser Krystalle zusammenhängen. Ein jedes Parallelsystem erzeugt durch Reflexion zu beiden Seiten der Kerzenflamme eine dicht gedrängte Reihe von Lichtbildern, welche zusammen einen Lichtschein darstellen, der stets normal zur Richtung des Reifungssystems die Flamme durchschneidet, ganz wie nach der Mariotte'schen Erklärung der parhelicische Kreis durch die Reflexe von den Flächen der vertical gerichteten Eisnadeln in der Atmosphäre erzeugt wird. Der Lichtschein bietet sich unserm Auge dar als ein gerades Lichtband; aber in Wirklichkeit ist sein mittlerer Theil von dem Auge eben so weit entfernt, als die beiden Extreme, und er ist überhaupt

ein wahrer Kreisabschnitt, zusammengesetzt aus sehr zahlreichen, ganz schmalen Spiegelbildern der Kerzenflamme, welche als sehr feine Lichtlinien erkannt werden können. Die Ebene dieses Lichtbilderkreises ist normal zu der Ebene der spiegelnden inneren Texturflächen, als deren Intersectionslinien man die Reifungssysteme der Krystallflächen betrachten kann. Es ist in der That die Spiegelung von diesen inneren Texturflächen, welche den parhelischen Kreis erzeugt, und nicht etwa die Spiegelung von den oberflächlichen Nischen, welche uns als Reifen der Krystallflächen erscheinen; denn es wird jener parhelische Kreis durch die Vertilgung dieser Nischen keineswegs alterirt, vielmehr tritt derselbe durch die vollkommenste Politur nur immer vollkommener hervor<sup>1)</sup>. Die Lichtlinien, aus welchen der Kreis besteht, sind wahre Spiegelbilder der Flamme, und so sehr sie auch bei minder genauer Betrachtung den Eindruck farblosen Lichtes machen, so sind sie doch sämmtlich durch die ungleiche Brechung des Lichtes prismatisch zerlegt und haben, wie das Auge nach einiger Übung dies sehr deutlich erkennt, das Roth gegen das leuchtende Centrum, das Violet nach der entgegengesetzten Seite gewendet.

Der Sternschein des Saphirs besteht aus dreien, sich unter Winkeln von  $60^\circ$  halbirenden, parhelischen Kreisen, deren jeder von einem der drei inneren Texturflächensysteme abhängt. Diese Texturflächen entsprechen bekanntlich einem wenig vom Würfel abweichenden spitzen Rhomboeder ( $R = 86^\circ 4'$ ). Babinet schloss bereits, dass jedes einzelne dieser Flächensysteme auf einer normal zu demselben geschnittenen Platte einen parhelischen Kreis erzeugen müsse, und er bestätigte dies durch das Experiment.

Sehr viele andere Krystalle zeigen schon dem blossen Auge oder unter dem Mikroskope, manche nur unter ganz besonderen Umständen, Reifungssysteme auf gewissen Flächen, von verschiedener Zahl und verschiedener gegenseitiger Richtung. Dieselben rufen ebenfalls jedes seinen parhelischen Kreis und die sich schneidenden also Asterismen hervor. Sie hängen theils von oscillatorischen Combinationen, theils von den Richtungen der Ebenen ab, welche man Blätterdurchgänge (*clivages*) zu nennen pflegt.

<sup>1)</sup> Ein noch bestimmterer Beweis wird sich später aus der Beobachtung ergeben, dass, wie z. B. beim Pennin, das Licht der parhelischen Kreise die Farbe des durchfallenden Lichtes je der betreffenden Axe besitzt.



Babinet erklärte die parhelschen Kreise als mittelbare Effecte der Blätterdurchgänge der Krystallisation und zeigte, dass Krystalle von monotrimetrischem Charakter, wie der Saphir, sechsstrahlige Sterne, solche von monodimetrischem Charakter ein regelmässiges Kreuz oder einen regelmässigen achtstrahligen Stern, solche von trimetrischem Charakter einen parhelschen Kreis, oder ein rechtwinkeliges diagonales oder ein schiefwinkeliges Kreuz u. s. w. erzeugen müssten, wenn man durch Platten, normal zur Hauptaxe, beobachte. Je complicirter die Spaltbarkeitsverhältnisse einer Krystallisation, um so complicirter werde, so sagte es Babinet voraus, der Asterismus sein, welchen sie erzeuge.

Die Lichtscheine, welche Fasergyps, Faserkalk, Faserquarz und der mit Amphibolfasern durchwobene, sogenannte Katzenaugenquarz hervorrufen, gehören alle mit in die nämliche allgemeine Classe von Erscheinungen. Auch hier nimmt man dieselben im auffallenden und durchfallenden Lichte wahr. Auf einer der Faserung parallelen Fläche zeigen sie einen parhelschen Kreis, einen Lichtschein, welcher, scheinbar als ein gerades Band, die Faserung normal durchschneidet, auf einer gegen die Faserung transversalen Fläche jedoch mehr und mehr sich krümmt und auf einer zur Faserung normalen Fläche in einen vollkommenen Heiligenschein übergeht. Durch eine normal zur Faserung geschliffene Platte von Katzenaugenquarz blickend, sieht man einen prächtigen, mehr oder minder farbigen Heiligenschein um die Flamme.

So sehr auch die verschiedenen, im Obigen nach Babinet's Vorgange zusammengestellten Phänomene analog sind und eine analoge Erklärung fordern, so ist es doch nothwendig, eine strenge Sonderung unter denselben eintreten zu lassen, wenn dieselben für die Wissenschaft den ganzen Reichthum der Blüten entfalten sollen, deren sie fähig sind. Ganz andere Gesichtspunkte sind es, unter denen die Erscheinungen Interesse gewähren, welche aus der Aggregation faseriger Krystallindividuen und aus deren Einschluss in anderen Krystallen hervorgehen, und welche uns einerseits über die Gleichmässigkeit oder Ungleichmässigkeit dieser Individuen und über deren Durchmesser den sichersten Aufschluss zu geben, anderseits die Existenz solcher Einschlüsse zu verrathen im Stande sind; ganz andere wiederum, unter welchen die Erscheinungen die Mühe der Untersuchung lohnen, welche von einem und



demselben, als einfaches Individuum erscheinenden und keinerlei fremde Einschlüsse enthaltenden Krystallkörper hervorgebracht werden.

Aber auch bei der Beschränkung zunächst auf die letztere Reihe von Erscheinungen bietet sich ein Grund zu noch weiterer Unterscheidung dar, welche bislang in keiner Weise geltend gemacht worden ist. Es handelt sich nämlich darum, zu unterscheiden, ob die Reflexe, welche hier in Betracht kommen, zu den äusserlichen Schraffirungen der Krystallflächen allein, oder aber zu dem inneren Gefüge des Krystallkörpers in Beziehung stehen. Nicht die Effecte der Schraffirungen hier weiter zu verfolgen ist meine Absicht; es genüge die eine Andeutung, dass parhelische Kreise und Asterismen sich sehr häufig ganz anders darstellen, je nachdem man durch die natürlichen Krystallflächen hindurch, oder durch wohl polirte Schlißflächen beobachtet, welche letztere man an die Stelle der ersteren hat treten lassen. Die Aragonitkrystalle, z. B. die lichtweingelben vom Tschopauer Berge bei Aussig in Böhmen, zeigen durch die natürlichen brachydiagonalen Pinakoidflächen ( $\infty P\infty$ ) einen parhelischen Kreis in der Ebene der Hauptaxe, scheinbar dieser parallel, nach dem Schliße dagegen, an der Stelle desselben, einen zur Hauptaxe normalen. Beim Pennin dagegen und bei anderen Glimmerkrystallen, bleibt der hier ebenfalls scheinbar der Hauptaxe parallele parhelische Kreis, welchen man vor der Schleifung durch die natürlichen Flächen der Prismatoide erblickt, auch nach der Schleifung, so vollkommen diese auch geschehen mag und so unerwartet politurfähig sie sich auch zeigt, ganz unverändert. In letzterem Falle trifft also die Schraffirung der äusseren Flächen zusammen mit der Lage des den parhelischen Kreis erzeugenden inneren Gefüges, während ein solches Zusammentreffen im ersteren Falle nicht stattfindet.

Möchte ich nun einerseits hier die Aufmerksamkeit zunächst nur auf diejenigen parhelischen Kreise und Asterismen beschränken, welche von dem inneren Gefüge der Krystalle abhängen, so muss ich dagegen andererseits hervorheben, dass dieselben sich, selbst in dieser Beschränkung, weit häufiger zeigen, als dies bisher beachtet worden zu sein scheint. Es gelingt die Wahrnehmung derselben allerdings bei vielen Krystallen nur bei grosser Aufmerksamkeit. Zur Beobachtung ist es zweckmässig, die geschliffene und gut polirte

Platte ganz nahe vor das Auge zu halten, mit vier Fingern (Daumen und Zeigefinger von beiden Händen) möglichst allseitig an ihrem Rande umschlossen, um Nebenstrahlen abzuhalten, allenfalls auch mit einem dicken Rande von schwarzem Wachs umgeben, und so gegen die, nur wenige Millimeter grosse, kreisrunde Öffnung eines Verdunklungsschirmes zu blicken, hinter welchem eine Lampenflamme angebracht ist. Je dunkler übrigens das Zimmer, um so besser lässt sich beobachten <sup>1)</sup>. Durch die Häufigkeit der Erscheinungen und die nicht geringe Einfachheit der Mittel, mit welchen die Aufsuchung derselben möglich ist, bieten sich die parhelicischen Kreise und Asterismen als ein ganz vorzüglich beachtenswerthes und bequemes Hilfsmittel an, um das innere Gefüge der Krystallkörper zu erforschen. Sie enthüllen in der That Verhältnisse, deren Wahrnehmung in polarisirtem Lichte völlig entgeht und bis jetzt überhaupt entgangen ist.

Es ist nicht wohl zu zweifeln, dass einer jeden Fläche, welche an einem Krystallkörper äusserlich als naturwüchsiges Begrenzungselement auftritt, ein System innerer Flächen, eine unendlich grosse Zahl von Ebenen parallel geht, nach welchen eine Zertrennung, wenn auch nicht für unsere rohen Instrumente ausführbar, doch für die Theorie angezeigt sein muss. Parallel manchen dieser Flächen ist eine Zertrennung auch für unsere mechanischen Hilfsmittel wenigstens spurenweise, parallel anderen mehr oder weniger deutlich, ja bisweilen sehr vollkommen möglich, und zwar wechseln diese Grade und Bevorzugungen bei den verschiedenen Specien einer gemeinsamen Grundkrystallisation ziemlich bedeutend. Wenn nun die Vermuthung, zu welcher Babinet sich geführt sah, begründet wäre und somit die Ebenen der Blätterdurchgänge als diejenigen reflectirenden Ebenen angesehen werden dürften, von welchen die parhelicischen Kreise und Asterismen hervorgebracht werden, so müssten die letzteren durch ihre Erscheinung uns ein, nicht allein sehr bequemes, sondern auch, in Hinsicht auf Vollkommenheit, unsere mechanischen Hilfsmittel weit hinter sich zurücklassendes Bild der ersteren gewähren.

---

<sup>1)</sup> Nachdem man die Platte vor der Beobachtung nochmals sorgfältig geputzt hat, muss man sich hüten, dieselbe irgend zu berühren. Jedes Darüberhingleiten mit dem Finger ruft bei manchen Mineralien Feuchtigkeits- oder Fettlinien hervor, welche dann ihre eigenen Lichtscheine erzeugen, die oft die Wirkungen des Krystalls vollständig verhüllen.

In Wirklichkeit aber — man ist versucht zu sagen „leider“ — ist es nicht so!

Schon theoretisch könnte man wohl zu diesem Schlusse kommen, wenn man nur die vorhandenen Beobachtungen zu Grunde legt; denn offenbar könnte, wenn es sich um die Blätterdurchgänge handelte, niemals ein einfacher parhelscher Kreis, nie ein Asterismus mit bloß 4 oder 6, oder 8 Strahlen zum Vorschein kommen, sondern es müsste sich normal zu jedem vorhandenen und krystallographisch möglichen Flächenpaare ein parhelscher Kreis und somit, durch die Gesammtheit derselben, beim Durchblicken nach einer Axe des Krystals stets die ganze Neumann'sche Projection mindestens aller zu der einen Zone gehörigen Flächen vollkommen darstellen. Das Mehr oder Minder der mechanischen Ausführbarkeit der „Spaltung“ nach den einen oder anderen Flächen könnte unmöglich die optische Wirkung bestimmen. Auch zeigt das Beispiel des Saphirs, dessen „Blätterdurchgang“ nach den Flächen, welche den Asterismus beherrschen, bekanntlich „höchst versteckt“ und stets nur sehr unvollkommen darstellbar ist, während doch gerade bei diesen Krystallen der Asterismus zuerst und so auffallend sich bemerkbar machte, dass es sich nicht um die Vollkommenheit der Spaltbarkeit handeln könne.

Aber praktisch führt sich der Gegenbeweis noch viel einfacher. Ich verzichte, wie ungerne auch immer, auf die Anführung des Gypses, dessen ausgezeichnetste Spaltbarkeitslage, wenn dieselbe keinen parhelschen Kreis hervorrufen sollte, jedenfalls ein höchst evidentes Beweisstück liefern würde. Ist es schon an sich kaum möglich, Gypskristalle zu erhalten, welche nicht bereits überreich sind an wirklichen Trennungsklüften parallel jener Spaltbarkeitslage, so tritt vollends eine zweite Schwierigkeit hinzu, indem selbst die schönsten Krystalle auf den, zur Beobachtung geeigneten, natürlichen Flächen eine, mit den Intersectionslinien jener Spaltbarkeitslage zusammenfallende, Reifung besitzen, welche selbst dem blossen Auge bei günstiger Beleuchtung kaum entgehen kann; jeder Versuch aber, durch Schleifung eine zur Beobachtung tauglichere Fläche herzustellen, oder auch nur durch Politur der Vollkommenheit der natürlichen Flächen nachzuhelfen, scheiterte, bei aller Sorgfalt und Geduld, mit welcher ich zu arbeiten vermochte, unbedingt, indem, selbst nach der zarresten Behandlung, zahllose Trennungsklüfte von der angegriffenen Fläche aus entstehen. Wenn ich aber trotz diesen Umständen, welche



sämmtlich der Erzeugung eines täuschenden parhelischen Kreises nach der Hauptspaltbarkeitslage äusserst förderlich sein müssen, noch nicht im Stande gewesen bin, meine Zweifel an der Existenz der zur Erzeugung dieser Erscheinung erforderlichen Verhältnisse in den Gypskrystallen gerade entsprechend der Hauptspaltbarkeitslage irgend genügend zu beseitigen, ja wenn, nach vielen mühevollen Versuchen, es noch jetzt mir wahrscheinlicher geblieben ist, dass die Hauptspaltbarkeitslage in diesen Krystallen, ohne Trennungsklüfte und ohne Schraffirung der Flächen, durch welche man beobachten muss, einen parhelischen Kreis zu erzeugen nicht vermag, so ist dies wenigstens geeignet, bedenklich zu erscheinen und zu weiteren sorgfältigen Versuchen aufzufordern. Durch möglichst intacte, wasserhelle, noch auf dem natürlichen Muttergesteine sitzende Gypskrystalle von Bex im Waatlande beobachtete ich wohl ziemlich zahlreiche, deutliche, farbige Nebenbilder (Parhelien), welche in ihrer Gesammtheit immerhin einen parhelischen Kreis darstellen; allein, eben die Deutlichkeit der einzelnen Bilder, dann auch die Ungleichheit ihrer Breite und ihres Abstandes von einander, zeigte mir immer mit Bestimmtheit, dass diese Erscheinung nicht von einer stetig in der Krystallmasse stattfindenden, von der Moleculärtextur abhängigen Spaltbarkeit, sondern theils von wirklich vorhandenen Trennungsklüften, theils auch von den Zusammensetzungen mehr oder weniger lamellär ausgebildeter Individuen herrühre. Weit günstiger für die Beobachtung liegen die beiden untergeordneten Spaltbarkeitsrichtungen in den Gypskrystallen, und von diesen ruft derjenige, welcher sich durch eine ausgezeichnete Faserung schon bei gröblichem Erproben durch Biegen und Zerbrechen kund gibt, einen weit vollkommeneren parhelischen Kreis hervor, als die blättrige Hauptspaltbarkeit; einen solchen nämlich, welcher aus dicht gedrängten, nur bei der sorgfältigsten Beobachtung die prismatischen Farben verrathenden Lichtlinien besteht, und welcher keinen Zweifel lässt, dass die Gypskrystalle in diesem Sinne wirklich aus faserförmigen Individuen von grosser Feinheit zusammengesetzt sind!

Geeigneter zur Belehrung ist der Calcit (Kalkspath), dessen Spaltbarkeit nach den Flächen des stumpfen Grundrhomboeders (*R*) gewiss ebenfalls als ein vorzügliches Muster anerkannt werden muss. Schleift man an einem Stücke des reinsten und klarsten sogenannten Doppelspathes von Island ein Flächenpaar normal zu einem der

Blätterdurchgänge, also zwei parallele Flächen des zugehörigen Gegenrhomboeders ( $-R$ ), so befindet sich dieser eine Blätterdurchgang in der allergünstigsten Lage, um einen parhelischen Kreis zur Erscheinung zu bringen, wenn man durch das Paar der Schlißflächen beobachtet. Allein es zeigt sich nicht die leiseste Spur der Erscheinung. Es scheint, dass Babinet, durch die Wahrnehmung des Zusammenhanges zwischen der Lage des Asterismus und der einzelnen parhelischen Kreise einerseits und der Lage der Flächen des spitzen Grundrhomboeders ( $R$ ) andererseits beim Saphir, so sehr in der Ansicht von dem Zusammenhange dieser optischen Erscheinungen mit den Spaltbarkeitsrichtungen befestigt gewesen sei, dass kein Zweifel ihm eine besondere Prüfung, wie obiges Experiment sie so bequem darbietet, wünschenswerth erscheinen liess. Es ist auch klar, dass die Trennungsklüfte parallel den Spaltbarkeitslagen in einem Krystalle nur recht zahlreich und nahe beisammen vorhanden zu sein brauchen, um parhelische Kreise und Asterismen zu erzeugen, und somit wären denn diese optischen Erscheinungen allenfalls das feinste Mittel, um sich von dem Vorhandensein solcher Trennungsklüfte zu überzeugen. Aber einerseits zeigt der Calcit, dass jedenfalls wenigstens keineswegs angenommen werden darf, die Spaltbarkeit sei stets mit dem Vorhandensein von Trennungsklüften verbunden, andererseits werden wir uns überzeugen, dass es parhelische Kreise und Asterismen gibt, welche von der moleculären Spaltbarkeit völlig unabhängig sind.

Macht man die obige Beobachtung mit einem Calcitkrystalle, welcher der Spaltbarkeit entsprechende Trennungsklüfte in seinem Innern enthält, die schon bei äusserlicher Betrachtung, durch die blendenden Reflexe aus dem Innern des Körpers, sich so leicht verrathen, so erblickt man beim Hindurchsehen auf jeder Trennungsfläche deutlich das Spiegelbild der Kerzenflamme, gegen welche man blickt, mit prismatischen Farben, von welchen das Roth dem leuchtenden Gegenstande zugewandt, das Violet demselben abgewandt ist. Auch die äusseren Krystall- und Spaltungsflächen spiegeln unter den nämlichen Bedingungen und in der nämlichen Weise das Bild des leuchtenden Gegenstandes nach Innen zurück. Sind parallel einer und derselben Spaltbarkeitslage viele Trennungsklüfte vorhanden, so decken sich die farbigen Spiegelbilder hie und da einigermassen und ergänzen ihre Farbe zu reinem Lichte, so dass

nur schmale Farbenlinien das allgemeine Lichtband unregelmässig unterbrechen.

Der Asterismus des Saphirs und die einzelnen parhelistischen Kreise, welche denselben zusammensetzen, zeigen keine derartige Unterbrechung. Sie bestehen aus den zartesten Lichtlinien, welche äusserst nahe zusammengedrängt sind und deren jede in ausserordentlicher Feinheit die prismatischen Farben neben einander enthält. Man möchte glauben, ein stetiges Lichtband zu sehen, und es gehört Übung und Gewöhnung des Auges dazu, um auch hier die einzelnen Spiegelbilder, nicht zu unterscheiden, nein, nur als die Grundlage der Erscheinung zu erkennen. Ein solcher gleichsam stetiger Asterismus ist nun aber auch dem Calcit eigen, und in einem Grade und unter Bedingungen, welche dem oben mitgetheilten negativen Resultate in Betreff der Spaltbarkeitslagen eine noch grössere Wichtigkeit zu verleihen geeignet sind.

Bekanntlich ist sehr häufig bei den Calcitkrystallen eine Zusammensetzung von Individuen beobachtet worden, welche um die Normale der Scheitelkanten des Grundrhomboeders ( $R$ ) hemitropirt und nach den Flächen des ersten stumpferen Rhomboeders der zweiten normalen Stellung ( $-\frac{1}{2}R$ ) zusammengefügt sind. Diese Zusammensetzung wiederholt sich sehr vielfach, so dass die einzelnen Individuen nur als sehr dünne Lamellen erscheinen, eine Thatsache welche, so allgemein ausgesprochen, ebenfalls nicht neu ist; allein diese Wiederholung ist doch viel zahlreicher und feiner, als man dies bisher wahrgenommen hatte; denn sie ist, wie ich dies auf mehrfache Weise nachzuweisen in Stande war, selbst in solchen Krystallen und Lamellärindividuen noch in unzählbarer Häufigkeit vorhanden, welche bislang für völlig einfach gehalten worden sind. Schleift man nun einem Calcitkrystalle zwei Parallelfächen an, welche zu einer der genannten Kanten des Grundrhomboeders ( $R$ ) und zu der Flächenlage des ersten stumpferen Rhomboeders ( $-\frac{1}{2}R$ ) normal sind, so zeigt sich, sobald man durch ein solches Flächenpaar beobachtet, ein ausgezeichneter parhelistischer Kreis, normal zu jener Zwillings-ebene und abhängig von der Zusammensetzung der Lamellen nach dieser.

Haüy kannte die *joints surnuméraires*, welche den hier in Rede stehenden Zwillingsebenen entsprechen, und er wies nach, dass dieselben die *molécules intégrantés* des *rhomboèdre primitif* nicht



zerstückeln, sondern als Tangentialebenen zwischen ganzen Lagen derselben hindurchsetzen.

Bisweilen entsprechen auch diesen Zwillings Ebenen wahre Trennungsklüfte, welche schon bei der äusserlichen Betrachtung des Krystalles durch Reflexe sich bemerkbar machen. Allein nicht diese sind es, von welchen der parhelische Kreis hervorgebracht wird, sondern gerade diejenigen, welche jeder anderweitigen Wahrnehmung sich völlig entziehen. Eben dadurch nun erhält die Erscheinung der parhelischen Kreise eine neue und ganz besonders wichtige Bedeutung. Schon anderweitige Beobachtungen zeigten mir, dass die Zusammensetzung aus lamellären Individuen nach dem obigen Zwillingengesetze sich nicht bloß ausnahmsweise bei manchen Calciten, sondern vielmehr ausnahmslos bei allen, und dass dieselbe sich ferner nicht bloß nach einem einzigen Flächenpaare des ersten stumpferen Rhomboeders ( $-\frac{1}{2}R$ ), sondern nach allen dreien Flächenpaaren gleichzeitig in jedem Calcitkrystalle wiederhole. Ist dieses der Fall, so müssen Platten aus einem und demselben Calcitkrystalle nach drei verschiedenen Sextanten, normal zu allen dreien Flächenpaaren des ersten stumpferen Rhomboeders ( $-\frac{1}{2}R$ ) geschnitten, in gleicher Weise jede einen parhelischen Kreis zeigen, welcher zu der betreffenden Zusammensetzungsebene normal erscheint. Wirklich bestätigt sich dieses Verhalten vollkommen. Diese Structur des Calcits entspricht somit ganz derjenigen des Saphirs, nur dass bei diesem letzteren die Zusammensetzung den Flächen eines spitzen Rhomboeders folgt, welches man hier als Stammform ( $R$ ) betrachtet. Danach war zu erwarten, dass auch der Calcit, durch die basischen Flächen ( $OR$ ) gesehen, einen regulären sechsstrahligen Stern darstellen müsse, indem die drei parhelischen Kreise sich schneiden müssen, wie die Systeme von Intersectionslinien der drei Lamellarsysteme hemitropischer Individuen. Wirklich zeigt sich durch gut polirte Platten mit diesen Flächen der sechsstrahlige Stern sehr schön, aber allerdings mit schwachem Lichte, sehr viel schwächer, als beim Saphir, was sehr begreiflich ist, da bei Letzterem die Zwillings Ebenen so viel steiler zur Hauptaxe geneigt, also zur Wahrnehmung ihrer Reflexe für das in der Richtung der Hauptaxe durchblickende Auge so viel günstiger gelegen sind.

Auf einer jeden Fläche des stumpfen Grundrhomboeders ( $R$ ) des Calcits befinden sich drei Systeme von Intersectionslinien, von

welchen das eine, der Horizontaldiagonale der Fläche entsprechend, dem Zwillingssysteme der Gegenfläche des ersten stumpferen Rhomboeders ( $-\frac{1}{2}R$ ) angehört, während die beiden anderen, der rechten und linken Seite parallel, von den die Kanten dieser Seiten abstumpfenden Flächen abhängen. Blickt man nun in der Richtung eines Kantenpaares durch ein Paar der Grundrhomboederflächen ( $R$ ), also z. B. durch ein Spaltungsstück des isländischen Spathes, so befinden sich alle drei Lamellärsysteme, unter günstigeren Bedingungen, als beim Beobachten durch die basischen Flächen ( $OR$ ), gleichzeitig in der Lage, ihre parhelischen Kreise zur Anschauung bringen zu können, und sie thun dies in der That und erzeugen somit auch in diesen Flächen einen sechsstrahligen Stern, welcher aber nicht regulär, sondern symmetrisch erscheint, indem der eine Strahl in der Ebene des Hauptschnittes liegt, die beiden anderen aber diesen unter Winkeln von  $39^{\circ} 45' 40''$  schneiden. Der mittlere Strahl ist dabei an sich in begünstigter Lage, als die beiden Seitenstrahlen; allein es schwächt ihn die Spiegelung, welche er an der Fläche, durch welche man beobachtet, theilweise erleiden muss. Übrigens zeigt er sich um so deutlicher, je vollkommener der angewandte Krystall ist, und daher im Allgemeinen in kleineren Spaltungsstücken schöner, als in grösseren. Sind nämlich in dem Krystalle irgend Trennungsklüfte parallel den Spaltbarkeitsrichtungen vorhanden, so verstärken diese durch ihre Reflexe die Wirkung der beiden Lamellärsysteme, welche die Seitenstrahlen erzeugen; obgleich man bei einiger Aufmerksamkeit diese beiderlei Wirkungen sehr wohl zu unterscheiden vermag, so ist der Erfolg doch eine relative Schwächung (Blendung) des mittleren Strahles. Jedenfalls erscheinen übrigens, wenn man die vier Flächen der Zone, nach deren Axe man durch den Krystall blickt, nicht vorher matt geschliffen hat, vier Spiegelbilder der Kerzenflamme, gegen welche man blickt, je an jedem Ende eines jeden Seitenstrahles ein Spiegelbild in prismatischen Farben, das Roth gegen die Lichtquelle, das Violet nach aussen gekehrt. Der mittlere Strahl dagegen endigt ohne solche Bilder und schon dadurch ist er natürlich für den Beobachter im Nachtheile, weil die starken Bilder an den Endpunkten die anderen Strahlen stärker hervorheben.

Es ist nicht meine Absicht, hier die merkwürdigen Zwillingerverwebungen weiter aus einander zu setzen, als welche nicht der Calcit allein und die übrigen hexagonal-hemiedrisch krystallisirten

Carbonspath, und der Saphir und mehrere andere ähnlich krystallisirende Mineralien bei genauerer Prüfung sich darstellen, noch die Beobachtungen aufzuführen, welche ich bei anderen Mineralien in Betreff der parhelischen Kreise und des Asterismus bereits gemacht habe, und welche eine neue wundervolle Mannigfaltigkeit der Natur zum Vorschein bringen. Ich bemerke nur, dass ich auf diese optischen Untersuchungen erst geführt wurde durch eine Menge von anderweitigen Wahrnehmungen über die Composition der oben genannten Krystalle und mancher anderer, welche bislang für einfache gehalten wurden, welche sich aber in der That als Zwillingsgewebe herausstellen. Aber hervorheben möchte ich, dass mit der Nachweisung, dass nicht die Spaltbarkeitsrichtungen, sondern die Zusammensetzungsebenen die Erscheinungen der parhelischen Kreise und des Asterismus hervorbringen, dem Krystallogen ein neues Mittel dargeboten ist, um die Zusammensetzung aus individuellen Gliedern auch da zu entdecken, wo kein äusseres Merkmal dieselbe verrathen zu wollen scheint. Auch beim Saphir ist die Zusammensetzung aus hemitropischen Lamellen, parallel den Flächen des spitzen Grundrhomboeders (*R*), welche man für „Blätterdurchgänge“ angesehen hat, auch abgesehen von Asterismus, an sich nachweisbar; allein auch wo keine andere Spur dieser Zusammensetzung sich zeigt, da bietet der Asterismus den Beweis für die Existenz derselben dar. Beim Pennin und anderen Glimmern, welche bald in anscheinend hexagonalen, bald in rhombischen und zwar bald in holoedrischen, bald in hemiedrischen, oft wunderlich verzerrten Formen vor uns liegen, vermochte ich ebenfalls direct nachzuweisen, dass dieselben in der Richtung der Hauptaxe von unten bis oben aus verwilligten Lamellen zusammengesetzt seien, deren jede in horizontaler Richtung wieder eine Composition von rhombischen Drillingen ist; auch hier bestätigt die Beobachtung sich durch die parhelischen Kreise und den Asterismus. Eine Pennin-Platte, normal zur Hauptaxe geschliffen, zeigt einen prachtvollen (grünen) regulär sechsstrahligen Stern; dagegen eine solche parallel der Hauptaxe und einem gewissen Seitenpaare des Hexagondurchschnittes zeigt einen scheinbar der Hauptaxe parallelen (rothen) parhelischen Kreis, und eine solche parallel der Hauptaxe und einem der beiden anderen Seitenpaare zeigt jenen nämlichen der Hauptaxe parallelen und ausserdem noch einen zweiten, zu der Hauptaxe normalen parhelischen Kreis (beide roth).



Der hexagonale Formencharakter musste dem Physiker von jeher als eine Anomalie erscheinen. Die rein geometrische Krystallographie hat denselben als selbstständig zugelassen und ihm ein eigenes Axensystem als ursprüngliches vindicirt, welches der Physiker stets nur als ein secundäres betrachten konnte. Nachdem ich nun aber bereits bei einer nicht geringen Zahl der wichtigsten hexagonalen Krystallisationen im Stande war, dieselben zurückzuführen auf eine Composition aus dreien, sich in sehr verschiedener Weise gegenseitig durchdringenden Systemen von verzwilligten Lamellärindividuen, deren Einzelkrystallisation auf dreien zu einander rechtwinkligen Axen beruht, so scheint es wohl angezeigt zu sein, die Frage um die Existenz und Bedeutung des hexagonalen Formencharakters überhaupt von Neuem anzuregen.

Ich veröffentliche in diesem Augenblicke den Nachweis der Identität der Krystallisation des Aragonits und des Calcits <sup>1)</sup>. Denselben, sowie die obigen Mittheilungen glaubte ich den Wissenschaften, für welche diese Verhältnisse von einflussreicher Bedeutung sind, nicht länger vorenthalten zu dürfen. Mit reiner Freude werde ich jede Untersuchung begrüßen, welche, von Begünstigteren angestellt, von diesem neu eröffneten Standpunkte aus und mit diesem neuen Hilfsmittel ausgerüstet, unsere Kenntnisse zu erweitern geeignet ist; diese Freude wird mich entschädigen für die Nothwendigkeit mancher Verzichtung auf die weitere Verfolgung meiner Untersuchungen — eine Nothwendigkeit, welche durch die Beschränktheit meiner persönlichen Hilfsmittel und derjenigen, welche meine Stellung mir gönnt, ihre Entschuldigung finden möge.

---

<sup>1)</sup> Seitdem erschienen unter dem Titel: Aragonit und Calcit, eine Lösung des ältesten Räthsels in der Krystallographie. Zürich 1855.

---